

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 4420282 A1

(51) Int. Cl. 8:  
**H01F 7/18**

F 02 M 51/00

F 02 M 69/16

F 02 D 41/30

(21) Aktenzeichen: P 4420282.2

(22) Anmeldetag: 10. 6. 94

(23) Offenlegungstag: 14. 12. 95

DE 4420282 A1

(21) Anmelder:

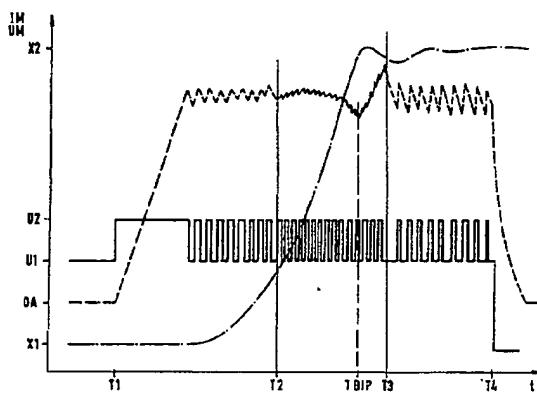
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(22) Erfinder:

Kirschner, Michael, Dipl.-Ing., 71638 Ludwigsburg,  
DE; Henke, Torsten, Dipl.-Ing., 71332 Waiblingen, DE

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Verbrauchers

(57) Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Verbrauchers, der ein bewegliches Element umfaßt, insbesondere eines Magnetventils zur Kraftstoffzumessung in einer Brennkraftmaschine, beschrieben. Innerhalb eines Zeitfensters wird ein Schaltzeitpunkt durch Auswertung des zeitlichen Verlaufs einer Größe, die dem Strom durch den elektromagnetischen Verbraucher entspricht, ermittelt. Während des Zeitfensters erfolgt eine getaktete Spannungssteuerung.



DE 4420282 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 95 508 050/257

9/30

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Verbrauchers gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Ein Verfahren und eine Einrichtung zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Verbrauchers ist aus der DE-OS 34 26 799 (US-A 4,653,447) bekannt. Bei der dort beschriebenen Einrichtung werden die Schaltzeitpunkte und davon ausgehend die Einschaltzeiten und Ausschaltzeiten des Magnetventils erfaßt. Ausgehend von dem zeitlichen Verlauf des Stroms durch das Magnetventil wird der genaue Schaltzeitpunkt des Magnetventils bestimmt.

Solche Magnetventile werden vorzugsweise zur Steuerung der Einspritzung von Kraftstoffen in Benzin- und/oder Dieselmotoren eingesetzt. Zur exakten Zumessung auch kleiner Einspritzmengen ist insbesondere der Schaltzeitpunkt von Interesse, bei dem der Anker des bestromten Magnetventils jeweils eine seiner beiden Endlagen erreicht.

Bei bekannten Systemen wird derart vorgegangen, daß in einem Zeitfenster, innerhalb dem der Schaltzeitpunkt üblicherweise auftritt, der Stromverlauf ausgewertet und anhand dessen zeitlichen Verlaufs der Schaltzeitpunkt bestimmt wird. Dabei wird die am Magnetventil anliegende Spannung auf einen bestimmten Wert eingeregelt. Es wird also eine konstante Magnetventilspannung zur Erzeugung eines stetigen Verlaufs des Magnetventilstroms bereitgestellt. Während dieser Phase, in der die Spannung geregelt wird, werden die beteiligten Schaltmittel der Regeleinrichtung je nach Spannungspegel mit einer zum Teil beträchtlichen Verlustleistung beaufschlagt, welche kurzfristig zu einer unerwünschten Erhöhung der Temperatur des Schaltmittels führt.

## Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren und einer Einrichtung zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Verbrauchers, der eingangs genannten Art die Verlustleistung zu reduzieren.

## Vorteile der Erfindung

Mittels der erfindungsgemäßen Verfahren und Einrichtung ergibt sich der Vorteil, daß die Spannungsregelung während der BIP-Erkennung entfallen kann, dadurch verringert sich der Aufwand an Bauteilen erheblich. Während der BIP-Erkennungsphase, die auch als BIP-Fenster bezeichnet werden kann, wird die Verlustleistungsbeanspruchung des Schaltmittels erheblich vermindernd. Der sich einstellende charakteristische Stromverlauf ermöglicht bei unterschiedlichen Typen von Magnetventilen, nach vorhergehender Bestimmung des jeweils notwendigen Tastverhältnisses, eine zuverlässige Auswertung des Stromverlaufs und damit eine exakte Erkennung des Schaltzeitpunktes.

Hinsichtlich der hydraulischen Kräfte und deren negativen Auswirkungen auf die Position des Ankers besteht die Möglichkeit, durch die Vorgabe des Tastverhältnisses, das Stromniveau (Kraftniveau) beibehalten werden kann. Dies bietet den Vorteil, daß das Schließ-

verhalten optimal im Sinne der zur Verfügung stehenden Eingriffsmöglichkeiten gestalten werden kann. Die Bereitstellung eines geeigneten Tastverhältnis mit konstantem Schaltmuster stellt weder für einen Mikrorechner noch für eine gesonderte Hardware eine aufwendige Aufgabe dar und kann daher hinsichtlich des Realisierungsaufwandes als einfach bezeichnet werden. Des Weiteren entfällt die Filterung des Signals.

10

## Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform erläutert. Es zeigen Fig. 1 ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen Einrichtung, die Fig. 2 verschiedene über Zeit aufgetragene Signale, Fig. 3 ein Flußdiagramm zur Verdeutlichung der erfindungsgemäßen Vorgehensweise und Fig. 4 eine detaillierte Darstellung eines Teiles der Fig. 2.

20

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine Einrichtung zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Verbrauchers. Prinzipiell ist die beschriebene Vorrichtung und das beschriebene Verfahren im Zusammenhang mit jeglichen elektromagnetischen Verbrauchern einsetzbar. Sie ist nicht auf die spezielle Anwendung beschränkt. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, die erfindungsgemäße Einrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren im Zusammenhang mit Brennkraftmaschinen einzusetzen, insbesondere bei der Zumessung von Kraftstoff in einen Brennraum einer selbstzündenden Brennkraftmaschine. Zu diesem Zweck wird in besonders vorteilhafter Weise ein Magnetventil zur Steuerung der Zumessung von Kraftstoff in die Brennkraftmaschine verwendet.

Hierbei ist es insbesondere bei kleinen Lasten erforderlich, daß kleinste Einspritzmengen möglichst exakt zugemessen werden. Hierzu ist es wiederum erforderlich, daß der Zeitpunkt, zu dem der Anker des bestromten Magnetventils seine Endlage erreicht, bekannt ist. Dieser Zeitpunkt wird üblicherweise mit Beginn of Injection Period (BIP) bezeichnet. Dieser Zeitpunkt kann durch die Auswertung des zeitlichen Verlaufs des Magnetventilstroms gewonnen werden.

Vorzugsweise wird der zeitliche Verlauf des Stroms bei konstanter Spannung bzw. der zeitliche Verlauf der Spannung bei konstantem Strom dahingehend ausgewertet, ob dieser Verlauf einen Knick bzw. eine wesentliche auswertbare Änderung des Differenzenquotienten der betrachteten Größe aufweist. Eine solche Einrichtung ist beispielsweise aus der DE-OS 42 238 891 bekannt.

In Fig. 1 sind schematisch wesentliche Elemente einer Einrichtung zur Steuerung einer magnetventilgesteuerten Kraftstoffzumießeinrichtung dargestellt. Über ein Schaltmittel 110 ist ein elektromagnetischer Verbraucher 100 mit einer Spannungsversorgungseinrichtung (Ubat) verbunden. Das Schaltmittel wird von einer Ansteuereinrichtung 120 angesteuert. Die Ansteuereinrichtung 120 kann wiederum mit einer Stromregelung bzw. einer Tastverhältnisvorgabe 130 verbunden sein.

Der andere Anschluß des elektromagnetischen Verbraucher steht über einen Sensor 145 bzw. ein Stromfassungsmittel mit Masse in Verbindung. Der Sensor 145 steht mit einer Auswerteschaltung 140 und diese mit der Spannungsregelung bzw. der Stromregelung 130

oder mit der Ansteuereinrichtung 120 in Verbindung. Des Weiteren steuert die Ansteuereinrichtung 120 ein weiteres Schaltmittel 115, das zwischen dem Sensor 145 und der Auswertung 140 angeordnet ist, an.

Die Reihenfolge der Bauelemente in der Reihenschaltung bestehend aus dem Schaltmittel 110, dem Verbraucher 100 und dem Sensor 145 kann beliebig gewählt werden.

Als Schaltmittel werden vorzugsweise Transistoren, insbesondere Feldeffekttransistoren, verwendet.

Die Arbeitsweise dieser Einrichtung wird im folgenden anhand der Fig. 2 beschrieben. In Fig. 2 ist der Hub H der Magnetventilnadel bzw. des Ankers strichpunktiert, die am Verbraucher 100 abfallende Spannung UM mit einer durchgezogenen Linie und der durch den Verbraucher 100 fließende Strom IM mit einer gestrichelten Linie eingezeichnet.

Diese Signalverläufe sind in Fig. 2 über der Zeit t aufgetragen. Zu Beginn befindet sich der Anker des Magnetventils in seiner ersten Endlage X1. Der Strom IM nimmt den Wert 0 an und die am Magnetventil abfallende Spannung UM nimmt ebenfalls einen ersten Wert U1 an.

Zu einem vorgegebenen Zeitpunkt T1 steuert die Ansteuereinrichtung 120 das Schaltmittel 110 derart an, daß die Spannung einen zweiten Wert U2 annimmt. Dieser Wert liegt im Bereich der Batteriespannung Ubat. Gleichzeitig steigt der Strom IM über der Zeit an. Der Anker des Magnetventils zeigt vorerst keine Reaktion.

Dieser Zustand bleibt solange bestehen, bis der Strom durch das Magnetventil einen vorgegebenen Schwellwert erreicht. Dieser Schwellwert liegt im Bereich von einigen Ampere. Ist dieser Schwellwert erreicht, so erzeugt die Stromregelung 130 ein entsprechendes Signal und leitet dies an die Ansteuereinrichtung 120 weiter. Die Ansteuereinrichtung 120 steuert das Schaltmittel 110 so an, daß dieses wieder öffnet. Dies wiederum bewirkt ein Abfall des durch das Magnetventil fließenden Stroms. Die Stromregelung 130 vergleicht den von dem Sensor 145 erfaßten Stromwert mit einem vorgegebenen Sollwert und erzeugt abhängig von dem Vergleichsergebnis ein Signal zur Beaufschlagung der Ansteuereinrichtung 120. Die Ansteuereinrichtung 120 stellt durch Öffnen und Schließen des Schaltmittels 130 den Strom auf den Sollwert ein.

Dieser Sollwert liegt bei diesem Ausführungsbeispiel bei ca. 10 Ampere. In diesem Zeitschnitt beginnt sich der Anker in Richtung seiner zweiten Endlage X2 zu bewegen.

Das erfundengemäße Verfahren ist in Fig. 3 als Flußdiagramm dargestellt. In einem ersten Schritt werden ausgehend von verschiedenen Betriebsparametern 305 Zeitpunkte T2 und T3 vorgegeben. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Werte T2 und T3 abhängig von Betriebskenngrößen, wie beispielsweise der Drehzahl, der eingespritzten Kraftstoffmenge oder anderer Größen vorgegeben werden. Dies kann beispielsweise mittels eines Kennfeldes erfolgen. Die Zeitpunkte T2 und T3 definieren ein Zeitfenster, innerhalb dem der Schaltzeitpunkt BIP voraussichtlich auftritt.

Die Abfrage 310 überprüft, ob der Zeitpunkt T2 bereits erreicht ist. Bei bekannten Systemen wird beim Zeitpunkt T2 auf eine Spannungsregelung übergegangen. Dies bedeutet, daß das Schaltmittel 110 durch geeignete Ansteuerung im linearen Bereich seiner Kennlinie betrieben wird und somit eine erhebliche Verlustleistungsbeanspruchung auftritt. Diese Verlustleistung

vermindert den Wirkungsgrad des elektronischen Einspritzsystems.

Um den Wirkungsgrad des Einspritzsystems zu erhöhen und die thermische Beanspruchung des Schaltmittels 110 zu vermindern, wird ab dem Zeitpunkt T2 wie folgt vorgegangen. Innerhalb des Zeitfensters wird zu einer getakteten Spannungssteuerung übergegangen. Hierzu wird von der Ansteuereinrichtung 120 bzw. von einem übergeordneten Mikrorechner im Schritt 320 ein Ansteuerimpulsmuster fester Frequenz und mit festem jedoch einstellbarem Tastverhältnis vorgegeben. Dieses Tastverhältnis wird so gewählt, daß sich in Verbindung mit der nahezu konstanten Batteriespannung eine in ihrem Mittelwert ebenfalls nahezu konstante Spannung UMV am Magnetventil einstellt.

Die Frequenz F bzw. die Periodendauer des Ansteuersignals werden so gewählt, daß die Auswerteschaltung ausreichend Zeit hat um die Berechnungen durchzuführen.

Im Schritt 330 werden die Schaltmittel 110 und 115 mit dem entsprechenden Ansteuersignal beaufschlagt. Im Schritt 335 erfaßt der Sensor 145 den durch den Verbraucher 100 fließenden Strom.

Der Mittelwert des Magnetventilstroms IM weist denselben Verlauf auf, wie bei Anliegen einer konstanten Spannung. Durch die getaktete Betriebsweise pendelt der Magnetventilstrom jedoch um seinen Mittelwert. Diese Schwankungen erschweren die Auswertung des auf diese Weise erzeugten Stromverlaufs.

Zur Vermeidung von einer Nachfilterung des Stromverlaufs wird der Strom schaltsynchron ausgewertet. Das heißt, der Strom wird jeweils zu festen Zeitpunkten nach dem Einschalten der Endstufe und/oder zu festen Zeitpunkten nach dem Ausschalten des Schaltmittels 110 erfaßt. Diese zeitdiskreten Stromwerte werden dann der Auswertung 140 zugeführt. In der einfachsten Ausführungsform wird jeweils der Schalter 110 und 115 von der Ansteuerung 120 gleichzeitig angesteuert.

Unter Berücksichtigung, daß der Zeitverlauf des Stroms zwischen dem Ein- und dem Ausschalten sich weitgehend linear verhält, kann der Differenzenquotient des Stromzeitverlaufs während des Zeitfensters auf einfache Weise aus den abgetasteten Stromwerten errechnet werden. Ausgehend von dieser Bestimmung des Differenzenquotienten werden mittels bekannter Softwareauswerteverfahren die Schaltzeitpunkte berechnet.

Erfindungsgemäß wird der Mittelwert der Magnetventilspannung durch Vorgabe eines festen Tastverhältnisses mit konstanter Periodendauer T zur Erzeugung eines hinsichtlich "BIP" auswertbaren Stromverlaufs unter Ersparung einer Spannungsregelung angesteuert.

Ab dem Zeitpunkt T2 fällt bei dieser Ausführungsform der Mittelwert des Stroms langsam ab. Diesem Abfall sind Oberschwingungen in ganzzahligen Vielfachen der Frequenzen des Ansteuersignals überlagert. Dabei setzt der Anker seine Bewegung in Richtung seiner neuen Endlage X2 fort.

Während sich der Anker bewegt, wird in der Spule des elektromagnetischen Verbrauchers eine Spannung induziert. Zum Schaltzeitpunkt TBIP erreicht der Anker seine neue Endlage und die Bewegung endet. Dies bewirkt, daß die induzierte Spannung verschwindet. Dies hat zur Folge, daß der durch die Spule fließende Strom IM ab diesem Zeitpunkt eine andere Steigung aufweist. Diese Änderung im Stromverlauf wird mittels der Auswerteschaltung 140 detektiert.

Hierbei ist es nicht zwingend, daß der Strom langsam

abfällt. Je nach Ausgestaltung weist der Strom beiderseits des Zeitpunktes TBIP einen stetig differenzierbaren Verlauf auf. Im Zeitpunkt TBIP ändert sich die Steigung, des über die Zeit aufgetragenen Stroms.

Die Abfrage 340 überprüft, ob der Zeitpunkt T3 erreicht ist. Ist dies nicht der Fall, so wird der Verbraucher in den Schritten 330 weiter angesteuert und der Strom in Schritt 335 erfaßt.

Zur Verdeutlichung verschiedener Werte ist in Fig. 4 ein Ausschnitt der Fig. 2 detaillierter dargestellt. In Teilfigur a ist der Strom IM durch den Verbraucher und in Teilfigur b die Spannung UM über der Zeit t aufgetragen. Mit T ist die Periodendauer des Ansteuersignal bezeichnet. Mit  $T_g$  ist die Zeitspanne bezeichnet, in der der Verbraucher eingeschaltet ist. Mit  $T_0$  ist die Zeitspanne bezeichnet, in der der Verbraucher ausgeschaltet ist. Mit  $T_A$  ist die Zeit bezeichnet, zu der der Meßwert des Stroms erfaßt wird.

Zur Auswertung des Stromverlaufs wird üblicherweise der Differenzenquotient des Stromverlaufs während des BIP-Fensters benötigt.

Der Differenzenquotient kann auf einfache Weise aus den abgetasteten Stromwerten errechnet werden. Die Stromwerte werden zu einem festen vorgebbaren Zeitpunkt  $T_A$  nach dem Einschalten abgetastet, so kann diese Berechnung vorzugsweise gemäß der folgenden Formel erfolgen.

$$\Delta i/T = (i_{u(k+1)} - i_{u(k)})/T.$$

Bei dem Wert  $i_{u(k+1)}$  handelt es sich um den aktuellen Abtastwert für den Strom zum Zeitpunkt ( $k + 1$ ) und bei dem Wert  $i_{u(k)}$  um den Abtastwert für den Strom zum Zeitpunkt ( $k$ ). Der Zeitpunkt  $k$  liegt dabei zeitlich vor dem Zeitpunkt ( $k + 1$ ). Alternativ können die Stromwerte auch zu einem festen vorgebbaren Zeitpunkt  $T_A$  nach dem Ausschalten abgetastet werden. In diesem Fall gilt eine entsprechende Formel.

Ausgehend von dieser Bestimmung des Differenzenquotienten können nun mit Hilfe bekannter Auswerteverfahren die weiteren Berechnungen zur Bestimmung des Schaltzeitpunktes erfolgen.

Auf Grund der getakteten Ansteuerung im BIP-Fenster kann die Verlustleistung erheblich reduziert werden. Auf Grund der zeitsynchronen Abtastung der Stromwerte wird die Auswertung des Stromverlaufs nicht beeinträchtigt. Im Gegenteil die zur Erkennung des Schaltzeitpunkts erforderliche Information, läßt sich einfach und mit geringem Aufwand gewinnen.

Erkennt die Abfrage 340, daß der Zeitpunkt T3 erreicht ist, so wird in Schritt 350 wahlweise auf die Stromregelung übergegangen oder falls  $T_3 = T_4$  ist, der Schalter 110 geöffnet. Zum Zeitpunkt T4 wird der Schalter 110 geöffnet und die Ansteuerung des Magnetventils endet.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Verbrauchers, der ein bewegliches Element umfaßt, insbesondere eines Magnetventils zur Kraftstoffzumessung in eine Brennkraftmaschine, wobei innerhalb eines Zeitfensters ein Schaltzeitpunkt durch Auswertung des zeitlichen Verlaufs einer Größe, die dem Strom durch den elektromagnetischen Verbraucher entspricht, ermittelbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß während des Zeitfensters eine getaktete Spannungssteuerung er-

folgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbraucher mit einer Spannung, die eine vorgebbare Frequenz und ein vorgebbares Tastverhältnis aufweist, ansteuerbar ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diskrete Stromwerte auswertbar sind.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromwerte synchron zur Ansteuerung auswertbar sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromwerte zu einem festen vorgebbaren Zeit nach dem Einschalten oder Ausschalten abtastbar sind.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von Stromwerten ein Differenzenquotient gemäß der Formel

$$\Delta i/T = (i_{u(k+1)} - i_{u(k)})/T$$

berechenbar ist, wobei es sich bei dem Wert  $i_{u(k+1)}$  um den Stromwert zum Zeitpunkt ( $k + 1$ ), bei dem Wert  $i_{u(k)}$  um den Stromwert zum Zeitpunkt ( $k$ ) und bei T um die Periodendauer des Ansteuersignals handelt.

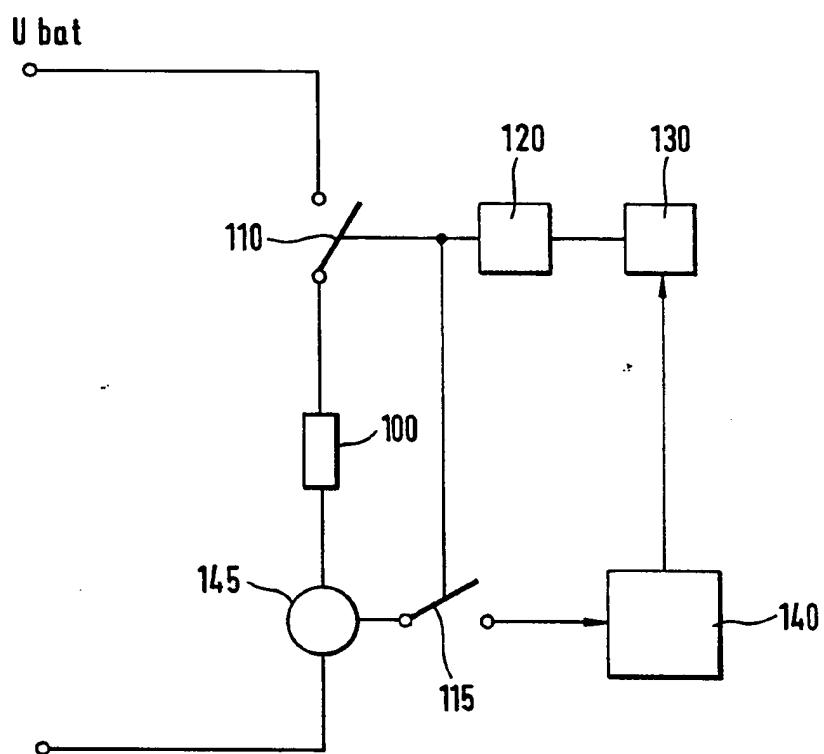
7. Vorrichtung zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Verbrauchers, der ein bewegliches Element umfaßt, insbesondere eines Magnetventils zur Kraftstoffzumessung in eine Brennkraftmaschine, mit Mitteln, die innerhalb eines Zeitfensters ein Schaltzeitpunkt durch Auswertung des zeitlichen Verlaufs einer Größe, die dem Strom durch den elektromagnetischen Verbraucher entspricht, ermittelbar, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, die während des Zeitfensters eine getaktete Spannungssteuerung durchführen.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig.1



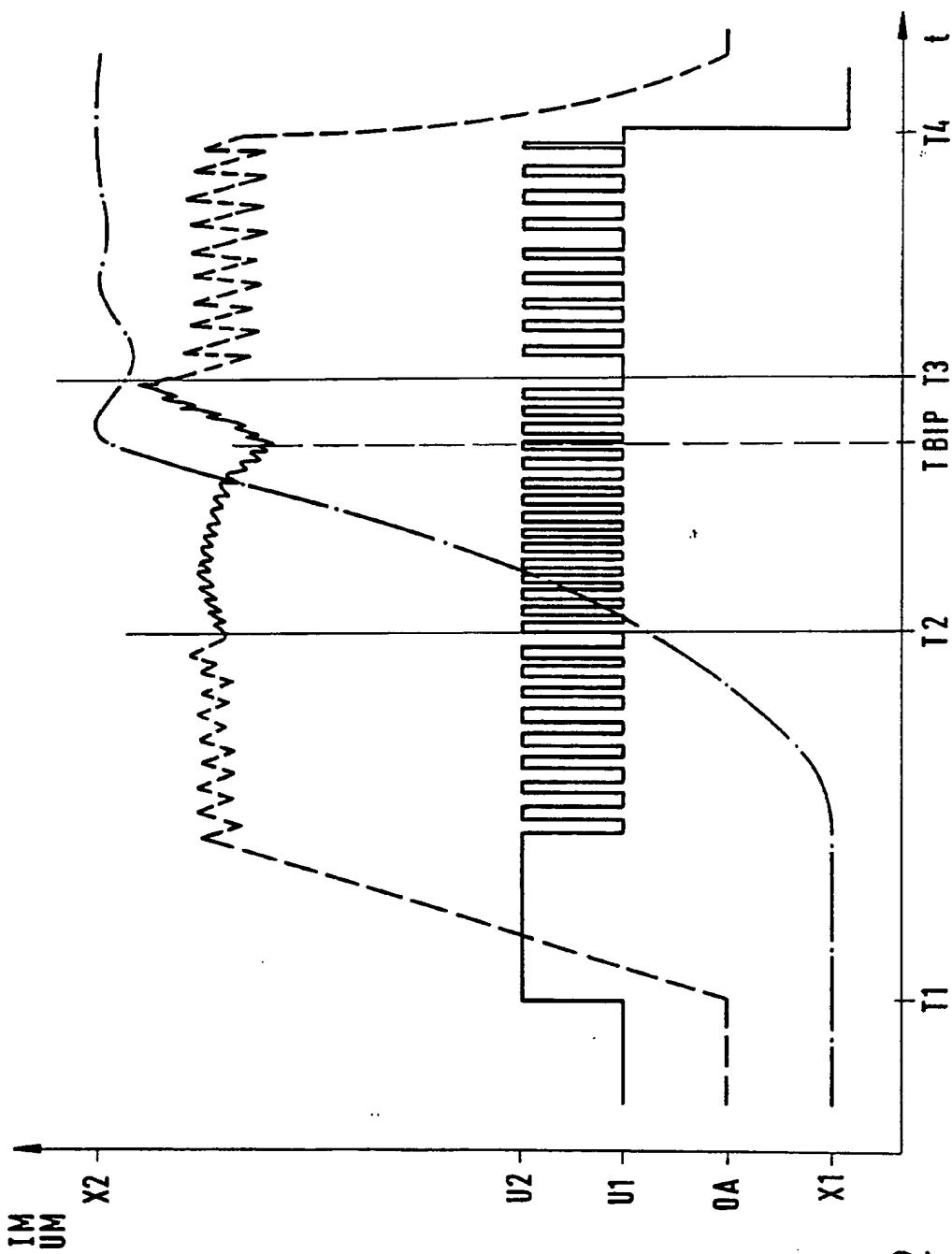


Fig. 2

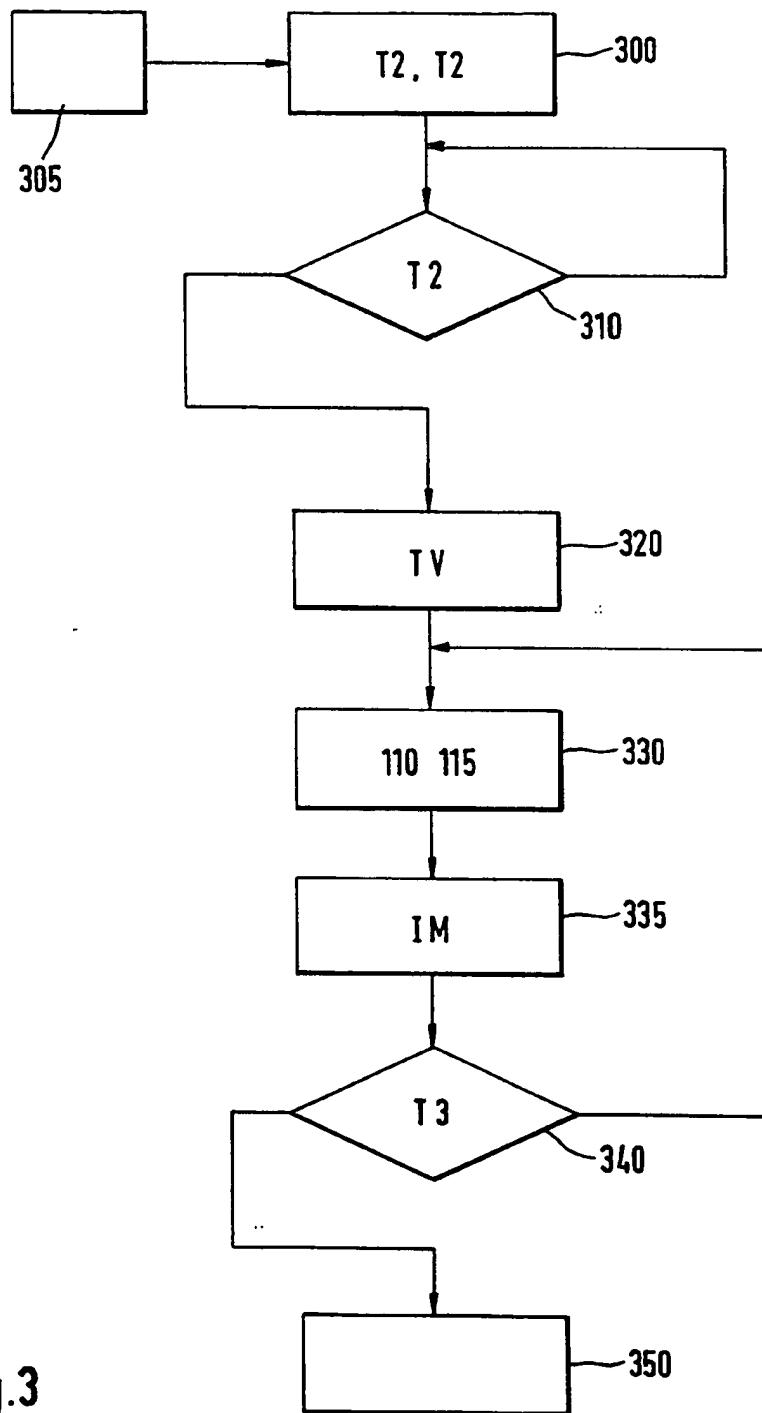


Fig.3

Fig.4

